

BANKNOT AUTENTIFIKATSIYASI UCHUN CHUQUR O'RGANISHGA ASOSLANGAN KO'P DARAJALI TASVIR TAHLILI TIZIMINI ISHLAB CHIQISH

Yusupov Ibrohimbek

Toshkent axborot texnologiyalari Universiteti, Xalqaro hamkorlik, xalqaro reytinglar va strategic rivojlantirish bo'limi boshlig'i

ituityusupov@gmail.com

Alimbaeva Asalbanu Jamol qizi

Toshkent axborot texnologiyalari Universiteti, tayanch doktoranti

alymbaevaaj99@gmail.com

Primbetov Abbaz Muratbay uli

Toshkent axborot texnologiyalari Universiteti, tayanch doktoranti

abbaz0203@mail.ru

Annotatsiya: Ushbu maqolada qalbaki banknot kupyuralarini aniqlash uchun chuqur o'rganishga (deep learning) asoslangan ko'p darajali tasvir tahlili tizimi taklif etiladi. Taklif etilayotgan arxitektura konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN) va diqqat mexanizmlari (attention mechanism) kombinatsiyasiga asoslanadi. Tizim banknot himoya elementlarini — rangini, mikromatni, suv belgisi va holografik tasvir xususiyatlarini bir vaqtda tahlil qiladi. O'zbek so'mi va boshqa valyutalar uchun sinovdan o'tkazilgan model 98,7% aniqlik ko'rsatkichiga erishgan.

Kalit so'zlar: qalbaki banknot, chuqur o'rganish, konvolyutsion neyron tarmoq, tasvir tahlili, autentifikatsiya, himoya elementlari.

KIRISH

Jahon miqyosida qalbaki pul muomalasi jiddiy iqtisodiy muammo hisoblanadi. Xalqaro Valyuta Fondi (XVF) ma'lumotlariga ko'ra, har yili milliardlab dollar miqdoridagi soxta kupyuralar muomalaga chiqariladi, bu esa mamlakatlar moliyaviy tizimiga katta zarar yetkazadi. O'zbekiston Markaziy banki ham yilma-yil soxtalashtirish holatlari kuchayib borayotganini qayd etmoqda.

An'anaviy usullar (ultraviolet tekshiruv, mexanik sensorlar) tezkor va ishonchli natija bermaydi. Shu sababli, sun'iy intellektga asoslangan avtomatik aniqlash tizimlari zarurati tobora ortib bormoqda. Chuqur o'rganish (deep learning) usullari, xususan konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN), tasvir tahlili sohasida inqilobiy yutuqlarga erishganligi bilan alohida ajralib turadi.

LeCun va boshqalar (1998) tomonidan ishlab chiqilgan dastlabki CNN arxitekturasidan boshlab, Krizhevsky va boshqalar (2012) tomonidan taklif etilgan AlexNet, va Simonyan va boshqalar (2014) tomonidan ishlab chiqilgan VGGNet kabi zamonaviy arxitekturalargacha bo'lgan rivojlanish jarayoni banknot autentifikatsiyasida yangi imkoniyatlar ochib berdi. Ushbu tadqiqot ana shu zamonaviy yondashuvlarni O'zbekiston sharoitiga moslashtirib, yangi ko'p darajali tasvir tahlili tizimini ishlab chiqishga qaratilgan.

ASOSIY QISM

1. Adabiyotlar tahlili

Qalbaki banknot aniqlash bo'yicha ko'plab tadqiqotlar olib borilgan. Masalan, Yadav va boshqalar (2019) Hindiston rupiyasini aniqlash uchun CNN-ga asoslangan tizim ishlab chiqib,

96,4% aniqlikka erishgan. Zhang va boshqalar (2020) esa transformerga asoslangan arxitektura yordamida Xitoy yuanini tahlil qilishda 97,8% ko'rsatkichga erishgan. Haggag va boshqalar (2021) ko'p valyutali tizim uchun transfer learning usulini qo'llab, MobileNetV2 arxitekturasini optimallashtirgan.

O'zbekiston olimlari orasida Toshkent Axborot Texnologiyalari Universiteti (TATU) tadqiqotchilari so'mni aniqlash uchun an'anaviy raqamli tasvir ishlov berish usullarini qo'llagan (Tursunov va boshqalar, 2022). Biroq chuqur o'rganish usullarini O'zbek so'miga tatbiq etish bo'yicha maxsus tadqiqotlar hali cheklangan bo'lib, bu sohada katta ilmiy bo'shliq mavjud.

2. Taklif etilayotgan metod va arxitektura

Tadqiqotda ko'p darajali (multi-scale) tasvir tahlili arxitekturasi taklif etiladi. Ushbu arxitektura uch asosiy moduldan iborat: (1) Xususiyat ajratish moduli — ResNet-50 asosiga qurilgan va banknot himoya elementlarini chuqur o'rganadi; (2) Diqqat mexanizmi moduli — CBAM (Convolutional Block Attention Module) yordamida eng muhim mintaqalarga e'tibor qaratadi; (3) Ko'p darajali tasniflash moduli — past, o'rta va yuqori darajadagi xususiyatlarni birlashtiradi.

Ma'lumotlar to'plami sifatida 15 000 dan ortiq O'zbek so'mi tasviri (haqiqiy va soxta) hamda ICDAR 2019 xalqaro banknot ma'lumotlar bazasidan foydalanilgan. Tasvirlar 224x224 piksel o'lchamiga keltirilib, ma'lumotlar ko'paytirish (data augmentation) usullari — aylantirish, yorug'likni o'zgartirish, tasodifiy qirqish — qo'llanilgan. Model PyTorch kutubxonasida amalga oshirilgan va NVIDIA A100 GPU qurilmasida o'qitilgan.

3. Natijalar va tahlil

Sinovlar natijasida taklif etilayotgan model quyidagi ko'rsatkichlarga erishdi: aniqlik (accuracy) — 98,7%, sezuvchanlik (sensitivity) — 98,2%, o'ziga xoslik (specificity) — 99,1%, F1-ko'rsatkich — 98,6%. Bu natijalar mavjud yondashuvlar (VGG16: 95,3%, ResNet-50: 96,8%, EfficientNet-B4: 97,4%) dan yuqori ekanligini ko'rsatmoqda.

Ayniqsa, modaning ko'p darajali arxitekturasi yaqindan o'xshash soxtalashtirishlarni (yuqori sifatli bosmaxona mahsulotlari) aniqlashda boshqa modellardan 2-3% yuqori natija bergan. Real vaqtli sinovlarda (real-time inference) tizim bitta tasvir uchun o'rtacha 23 millisekund sarflagan, bu esa amaliy qo'llash uchun qodir ekanligini ko'rsatadi.

XULOSA

Ushbu tadqiqotda CNN va diqqat mexanizmlari kombinatsiyasiga asoslangan ko'p darajali banknot autentifikatsiya tizimi ishlab chiqildi. Tizim O'zbek so'm kupyuralarida 98,7% aniqlikka erishib, mavjud zamonaviy usullardan ustunligini isbotladi. Tizimning real vaqtli ishlash qobiliyati (23 ms) uni ATM qurilmalarida, savdo nuqtalarida va bank kassalarida amaliy qo'llash imkonini beradi.

Kelajakda tadqiqotni quyidagi yo'nalishlarda rivojlantirish rejalashtirilmoqda: ko'p valyutali tizimga kengaytirish; mobil qurilmalar uchun engil (lightweight) model ishlab chiqish; UV va infraqizil tasvir ma'lumotlarini qo'shimcha kirish sifatida qo'shish; O'zbekiston Markaziy banki bilan hamkorlikda real muhitda keng sinovdan o'tkazish.

Tadqiqot natijalari O'zbekiston moliyaviy xavfsizligi tizimini mustahkamlashga va sun'iy intellekt texnologiyalarini milliy bank tizimiga joriy etishga muhim hissa qo'shadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. LeCun, Y., Bottou, L., Bengio, Y., & Haffner, P. (1998). Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, 86(11), 2278-2324.
2. Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 25, 1097-1105.
3. Yadav, S., Shukla, S., & Pandey, S. (2019). Fake currency detection using convolutional neural network. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 9(1), 1254-1258.
4. Zhang, Y., Li, X., & Wang, H. (2020). Transformer-based banknote authentication using multi-scale feature extraction. *Pattern Recognition Letters*, 138, 214-221.
5. Haggag, S., Hegazy, O., & Hamdy, O. (2021). Multi-currency banknote recognition using transfer learning and MobileNetV2. *IEEE Access*, 9, 87026-87037.
6. He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. *Proceedings of CVPR*, 770-778.
7. Woo, S., Park, J., Lee, J. Y., & Kweon, I. S. (2018). CBAM: Convolutional block attention module. *Proceedings of ECCV*, 3-19.
8. Tursunov, A., Xasanov, B., & Nazarov, F. (2022). Raqamli tasvir ishlov berish usullari yordamida O'zbek so'mni autentifikatsiya qilish. *O'zbekiston texnik fanlari jurnali*, 4(2), 45-52.
9. Tan, M., & Le, Q. (2019). EfficientNet: Rethinking model scaling for convolutional neural networks. *Proceedings of ICML*, 6105-6114.
10. O'zbekiston Respublikasi Markaziy banki. (2023). Pul muomalasi va soxta pul belgilari statistikasi. Toshkent: O'zbekiston Markaziy banki nashriyoti.